

**No English title available.**

Veröffentlichungsnr. (Sek.) DE19734248  
Veröffentlichungsdatum : 1999-02-11  
Erfinder : BUSCHING WOLFRAM DIPL ING (DE); GUTMANN WALTER  
DIPL ING (DE); SPAHLINGER GUENTER DR ING (DE); MARK  
JOHN G DR ING (US)  
Anmelder : LITEF GMBH (DE)  
Veröffentlichungsnummer : ☐ DE19734248  
Aktenzeichen:  
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19971034248 19970807  
Prioritätsaktenzeichen:  
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19971034248 19970807  
Klassifikationssymbol (IPC) : G08C19/26  
Klassifikationssymbol (EC) : G08C19/22  
Korrespondierende Patentschriften ☐ EP1002307 (WO9908248), B1, ES2186198T, ☐  
WO9908248

---

**Bibliographische Daten**

---

The invention relates to a method and corresponding circuit for pulse redistribution of pwm sensor output data (pi), for example from inertial sensors. The method is characterized in that the scanning interval (s2) of a data processing device, which processes the output signals of one or more sensors, is independent of the length and of the phase position of the limit cycle (s1) or limit cycles (s1) of the sensor(s). In addition, a range transfer of sensors having different working ranges is possible, irrespective of the scanning interval of the data processing device. As a result, incorrect sensor output data can be easily recognized.

---

Daten aus der esp@cenet Datenbank - - l2





DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 197 34 248 A 1

②1 Aktenzeichen: 197 34 248.5  
②2 Anmeldetag: 7. 8. 97  
④3 Offenlegungstag: 11. 2. 99

⑦1 Anmelder:  
Litef GmbH, 79115 Freiburg, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte MÜLLER & HOFFMANN, 81667  
München

⑦2 Erfinder:  
Busching, Wolfram, Dipl.-Ing., 79294 Sölden, DE;  
Gutmann, Walter, Dipl.-Ing., 79285 Ebringen, DE;  
Spahlinger, Günter, Dr.-Ing., 70188 Stuttgart, DE;  
Mark, John G., Dr.-Ing., Pasadena, Calif., US

⑤6 Entgegenhaltungen:  
US 46 49 386

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

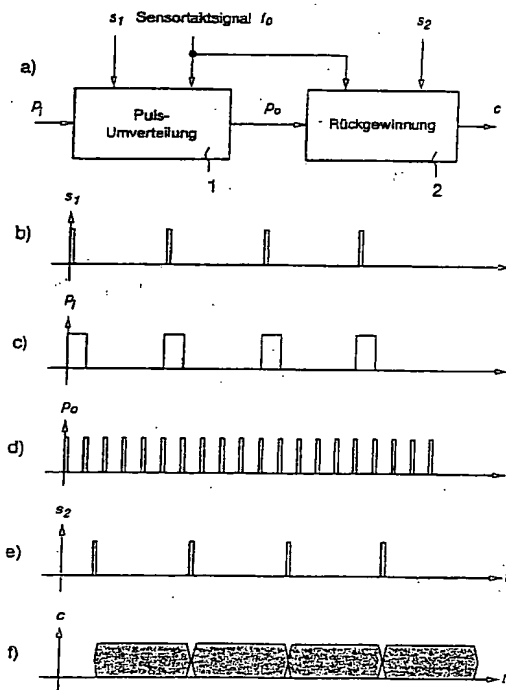
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur Übertragung von Sensorausgangssignalen zwischen asynchron arbeitenden Sensoren und ihren jeweiligen Datenverarbeitungseinrichtungen

⑤7 Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die danach arbeitende Schaltung wird eine Pulsumverteilung der pwm-Sensorausgangsdaten ( $p_i$ ) z. B. von inertialen Sensoren so durchgeführt, daß ein Abtastintervall ( $s_2$ ) einer die Ausgangssignale eines Sensors oder mehrerer Sensoren verarbeitenden Datenverarbeitungseinrichtung unabhängig von der Länge und Phasenlage des Grenzyklus ( $s_1$ ) oder der Grenzyklen ( $s_1$ ) des Sensors oder der Sensoren ist.

Weiter kann eine Bereichumschaltung von Sensoren mit verschiedenen Arbeitsbereichen unabhängig vom Abtastintervall der Datenverarbeitungseinrichtung geschehen.

Durch die Erfindung können fehlerhafte Sensorausgangsdaten gut erkannt werden.



DE 197 34 248 A 1

DE 197 34 248 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Übertragung der Sensorausgangssignale inertialer Sensoren an ihre jeweiligen Datenverarbeitungseinrichtungen und eine Einrichtung die nach dem Verfahren arbeitet.

Wie in der Fig. 6 zu sehen ist, verwendet eine Inertialmeßeinheit (IMU = Inertial Measurement Unit) einen Satz inertialer Sensoren, zum Beispiel Gyroskope oder Beschleunigungsmesser, um alle möglichen rotatorischen und translatorischen Bewegungen zu messen. Die Fig. 6a zeigt einen Sensor 41, der eine physikalische Bewegung in ein Sensorausgangssignal umsetzt, das durch eine Datenverarbeitungseinrichtung 42 ausgewertet wird. Wie die Fig. 6b zeigt, können an eine Datenverarbeitungseinrichtung 42 mehrere Sensoren 41 angeschlossen werden. Eine solche Einheit ist funktional unabhängig und wird als Strang bezeichnet. Um eine über alles gehende Verfügbarkeitsanforderung zu erreichen, setzt sich eine IMU aus mehreren solchen Strängen in redundanter Konfiguration zusammen. Hier werden alle Sensorausgangssignale aller Stränge an alle Datenverarbeitungseinrichtungen 42 aller Stränge verteilt, wie es in der Fig. 6c gezeigt ist.

Die für eine hochauflösende Inertialmessung verwendeten Sensoren wenden für jeden Freiheitsgrad eine Rückstellregelung an, um die physikalische Bewegung in ein elektrisches Signal zu wandeln. Das von dieser Regelschleife ausgegebene Signal ist ein digitales pulswidenmoduliertes (pwm) Signal  $p_i$ , das die möglichen Zustände "0" und "1" annehmen kann. Das Verhältnis zwischen den "0" und den "1" Perioden, im allgemeinen als Arbeitszyklus des pwm-Signals bezeichnet, über ein vorgegebenes Intervall bezieht sich direkt auf die physikalische Bewegung des Sensors während dieses Intervalls. Das Intervall, normalerweise eine Periode des pwm-Signals, wird mit Grenzyklus bezeichnet.

In der Fig. 7 ist die numerische Verarbeitung des vom Sensor 41 kommenden pulswidenmodulierten Sensorausgangssignals  $p_i$  aufgezeigt. Für diese numerische Verarbeitung quantisieren die Datenverarbeitungseinrichtungen die Ausgangssignale der Sensoren, indem die Anzahl der Perioden eines bekannten Taktsignals, normalerweise des Sensortaktsignals  $f_0$ , während der "0" und "1" Perioden des pwm-Signals gezählt werden. Hierzu wird ein Auf-/Abzähler 43 verwendet, der die Dauer der "1" Perioden des pwm-Signals durch eine Inkrementation und die Dauer der "0" Perioden des pwm-Signals durch eine Dekrementation mit jeder Periode des Taktsignals  $f_0$  "mißt". Nach jedem Abtastintervall veranlaßt ein Auslesetaktsignal die Übernahme des Zählerwerts in ein Register 44 und das Zurücksetzen des Zählers 43. Der im Register 44 gespeicherte Zählerwert  $c$ , also die Differenz zwischen Auf-/Abzählen, ist direkt proportional zu der von dem Sensor 41 wahrgenommenen physikalischen Bewegung.

Die Auflösung einiger Sensoren, und damit ihr Arbeitsbereich, kann durch die Umschaltung der Verstärkung der Regelschleife des jeweiligen Sensors zwischen "Hoch" und "Niedrig" umgeschaltet werden. Eine solche Umschaltung ist jeweils vor oder nach einem Grenzyklus möglich.

Jeder Sensor 41 sendet seinen eigenen Takt  $f_0$  sein pwm-Ausgangssignal  $p_i$  und ein Arbeitsbereichkennungssignal  $r_i$  in Form seiner Regelschleifen-Verstärkung ("Hoch" oder "Niedrig") an alle Datenverarbeitungseinrichtungen 42.

Aus Integritätsgründen arbeiten die jeweiligen Datenverarbeitungseinrichtungen 42 einer inertialen Maßeinheit unabhängig voneinander. Der Zeitrahmen zur Datenverarbeitung ist jeweils nur durch den Grenzyklus der eigenen Sensoren 41 synchronisiert.

Aufgrund geringer Unterschiede zwischen den Taktfre-

quenzen der einzelnen Sensoren 41 zeigt das Abtastintervall der Datenverarbeitungseinrichtung 42 eines Sensors 41 im Vergleich mit dem Grenzyklus eines pwm-Ausgangssignals eines anderen Sensors 41 eine kleine Phasendrift. Dadurch entsteht ein Aliasingeffekt, der sich dadurch bemerkbar macht, daß ein oszillierender Meßfehler mit einer Dreieck-Wellenform entsteht (bei einem konstanten Sensorausgangssignal). Die Fehleramplitude dieses Meßfehlers ist der Wert des tatsächlichen Sensorausgangssignals und die Frequenz ist proportional zur Takt Differenz der beiden Sensoren.

Schaltet ein Sensor 41 die Verstärkung der Rückstell-schleife während des Abtastintervalls der Datenverarbeitungseinrichtung 42 zwischen "Hoch" und "Niedrig" um, so kann die Datenverarbeitungseinrichtung 42 keine korrekten Zeitbeziehungen der Arbeitsbereiche "Niedrig" und "Hoch" feststellen. Das Wandlungsergebnis dieses Abtastintervalls muß deshalb verworfen werden, wodurch ein Meßfehler entsteht.

Der Nullpunktsfehler und der Skalenfaktor der Sensoren 41 werden während der Datenverarbeitung ihrer Sensordaten kompensiert. Werden für die Arbeitsbereiche "Hoch" und "Niedrig" unterschiedliche Kalibrierungsparameter benötigt, so kann die korrekte Größe der Kompensationsparameter durch den Kompensationsalgorithmus nicht berechnet werden, wenn ein Sensor 41 seinen Arbeitsbereich während der Abtastperiode der Datenverarbeitungseinrichtung 42 umschaltet.

Ein Sensorausgangssignal, das durch ein Hängenbleiben des Sensors erzeugt wurde, liefert scheinbar korrekt verwendbare Daten und kann nicht von korrekten Wandlungsergebnissen unterschieden werden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Übertragung der Ausgangssignale inertialer Sensoren an ihre jeweiligen Datenverarbeitungseinrichtungen anzugeben, das die zuvor beschriebenen Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist. Weiter liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeiten kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist in dem unabhängigen Patentanspruch 1 definiert. Eine erfindungsgemäße Einrichtung, die nach diesem Verfahren arbeitet, ist in dem unabhängigen Patentanspruch 4 definiert. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens und der Einrichtung finden sich jeweils in den nachgeordneten abhängigen Patentansprüchen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren, das pulswidenmodulierte Sensorausgangssignal  $p_i$  in ein Übertragungssignal  $p_0$  umzuverteilen, das nach der Übertragung und vor der Datenverarbeitung rückabgetastet wird, können bei gleichen Anforderungen an die Anzahl der Übertragungsleitungen von einem Sensor 41 an eine Datenverarbeitungseinrichtung 42 sowohl der Aliasingeffekt verhindert werden, als auch die korrekten Zeitbeziehungen beim Umschalten der Arbeitsbereiche eines Sensors aufrechterhalten werden. Dadurch kann der Kompensationsalgorithmus die korrekten Kompensationsparameter immer berechnen. Weiter können nach der Erfindung die durch einen hängenbleibenden Sensor entstehenden Fehler erkannt und ausgewertet werden.

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnungen in beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Pulsumverteilungsschaltung 1 nach der Erfindung;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Signalwandlungseinrichtung, die aus einer Pulsumverteilungsschaltung 1 und einer Rückgewinnungsschaltung 2 besteht;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Signalwandlungseinrich-

tung mit den an die Pulsumverteilungsschaltung 1 und die Rückgewinnungsschaltung 2 angelegten Signalen;

Fig. 4 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Signalwandlungseinrichtung;

Fig. 5 eine erfindungsgemäße Fehlererkennungsschaltung für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 4;

Fig. 6 eine allgemeine Darstellung des Zusammenspiels zwischen Sensoren und Datenverarbeitungseinheiten einer inertialen Meßeinheit; und

Fig. 7 eine Datenverarbeitungsschaltung nach dem Stand der Technik.

In den Figuren werden durch gleiche Referenzzeichen die gleichen Bauelemente bezeichnet.

Die Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Pulsumverteilungsschaltung 1, die das pwm-Sensorausgangssignal  $p_i$  hinter jedem Sensor abtastet und ein neu erzeugtes Übertragungssignal  $p_o$  an eine Datenverarbeitungsschaltung 42 übertragen kann.

Diese Pulsumverteilungsschaltung 1 besteht aus einem eingangsseitigen Zähler 3, an dessen Takteingang das Sensortaktsignal  $f_0$  und an dessen Rücksetzeingang ein Sensor-Abtastintervall-Signal  $s_1$  anliegen, das  $2^n$  Perioden des Sensortaktsignals  $f_0$  umfaßt, also das durch  $2^n$  geteilte Sensortaktsignal  $f_0$  ist. Am Freigabeanschluß des Zählers 3 liegt das pwm-Sensorausgangssignal  $p_i$  an. Der Zähler 3 inkrementiert einen Zählerwert  $k$  im Takt des Sensortaktsignals  $f_0$  wenn an seinem Freigabeanschluß ein hoher Pegel anliegt, wenn also das pwm-Sensor-Ausgangssignal  $p_i$  einen hohen Pegel "1" aufweist.

Nach einer Periode des Sensor-Antastintervall-Signals  $s_1$  wird der Zähler zurückgesetzt und der Zählerwert  $k$  in ein erstes Register 4 eingeschrieben. Der Zählerwert  $k$  kann aufgrund der Periodendauer des Sensor-Abtastintervall-Signals  $s_1$  maximal den Wert  $2^n$  annehmen. Dieser Wert hat in einer binären Darstellung eine Breite von  $n + 1$  Bit. An dem Takteingang des ersten Registers 4 liegt das Sensor-Abtastintervall-Signal  $s_1$  und an dessen Signaleingang der  $n + 1$  Bit breite Zählerwert  $k$  an. Dadurch wird am Ende jedes Sensor-Abtastintervalls der  $n + 1$  Bit breite Zählerwert  $k$  in das erste Register 4 geladen. Das erste Register 4 gibt das MSB (Most Significant Bit) des  $n + 1$  Bit breiten Zählerwerts  $k$ , also das Bit  $n + 1$ , an das ODER-Gatter 7 aus. Weiter gibt das erste Register 4 die  $n$  unteren Bit des Zählerwerts  $k$  während dem auf das Laden folgenden Sensorabtastintervall an einen Modulo  $2^n$ -Addierer aus.

Dieser Modulo  $2^n$ -Addierer wird so beschaltet, daß er die  $n$  unteren Bit des Zählerwerts  $k$  während eines Sensor-Abtastintervalls im Takt des Sensortaktsignals  $f_0$  addiert und immer dann ein Übertragungssignal ausgibt, wenn bei der  $n$  Bit breiten Addition ein Übertrag erzeugt wird.

Das MSB des  $n + 1$  Bit breiten Zählerwerts  $k$ , also das Bit  $n + 1$  und das von dem Modulo  $2^n$ -Addierer ausgegebene Übertragungssignal werden an ein ODER-Gatter 7 angelegt, dessen Ausgangssignal als Übertragungssignal  $p_o$  an eine Datenverarbeitungseinrichtung 42 übertragen werden kann, die das umverteilte Sensorausgangssignal über eine vorgeschaltete Rückgewinnungsschaltung 2 auswerten kann. Durch diese Beschaltung besteht das Übertragungssignal  $p_o$  während eines Sensor-Abtastintervalls aus einer Anzahl von  $k$  gleichmäßig verteilten Pulsen.

Der Modulo  $2^n$ -Addierer besteht aus einem Addierer 6, der an einem ersten Signaleingang die  $n$  unteren Bits des Zählerwerts  $k$  empfängt und einem zweiten Register 5. Das  $n$  Bit breite Ausgangssignal des Addierers 6 wird an den Signaleingang des zweiten Registers 5 angelegt, an dessen Takteingang das Sensortaktsignal  $f_0$  und an dessen Rücksetzeingang das Sensor-Abtastintervall-Signal  $s_1$  anliegen. Das  $n$  Bit breite Ausgangssignal des zweiten Registers 5

wird an einen zweiten Signaleingang des Addierers 6 angelegt. Auf diese Weise lädt das zweite Register 5 mit jeder Periode des Sensortaktsignals  $f_0$  das gerade aktuelle Ausgangssignal des Addierers 6 und legt dieses wiederum an einen Signaleingang des Addierers 6 an. Da an dem ersten Signaleingang des Addierers 6 während eines Sensor-Abtastintervalls konstant die unteren  $n$  Bit des Zählerwerts  $k$  anliegen, werden auf diese Weise in einem Sensor-Abtastintervall  $2^n$  Additionen der  $n$  unteren Bit des Zählerwerts  $k$  ausgeführt. Jedesmal, wenn bei einer dieser Additionen ein Übertragungssignal erzeugt wird, wird dieses vom Modulo  $2^n$ -Addierer an das ODER-Gatter 7 angelegt.

Auf diese Weise werden durch die Modulo  $2^n$ -Addition für  $0 \leq k \leq 2^n - 1$  eine Anzahl von  $k$  logischen Einsen für das Signal  $p_o$  erzeugt, die gleichmäßig über eine Periode von  $s_1$  verteilt sind.

Für  $k = 2^n$  werden  $2^n$  logische Einsen für das Signal  $p_o$  erzeugt, da das MSB des  $n + 1$  Bit breiten Zählerwerts  $k$  mit dem Übertragungssignal des Addierers verknüpft wird.

Dieser Pulsumverteilungsalgorithmus kann ebenfalls für Sensoren verwendet werden, die anstelle von pwm-Signalen digitale Datenwörter (den Wert  $k$ ) ausgeben. In diesem Fall wird der Zähler 3 nicht benötigt.

Eine solche Vorgehensweise erlaubt der Datenverarbeitungselektronik, das Signal  $p_o$  zu willkürlichen Zeitpunkten wieder herzustellen, wobei der maximale Wandlungsfehler für aufaddierte Daten durch den Aliasingeffekt eine Quantisierungseinheit ist, das heißt eine Taktperiode des Sensortaktsignals  $f_0$ . Dies ist unabhängig von der Anzahl der Empfänger-Abtastintervalle, die eine willkürliche Länge und in bezug auf die Sensor-Abtastintervalle eine willkürliche Phasenlage haben können.

Die Fig. 2 zeigt eine gesamte Signalwandlungsschaltung nach der Erfindung. Auf der linken Seite ist die in der Fig. 1 detailliert gezeigte Pulsumverteilungsschaltung 1 zu erkennen, die vom Sensor das Ausgangssignal  $p_i$  und das Sensortaktsignal  $f_0$  erhält. Weiter erhält sie das vom Sensortaktsignal abgeleitete Signal  $s_1$ , das die Länge des Sensor-Abtastintervalls anzeigt. Die Pulsumverteilungsschaltung 1 leitet das erzeugte Übertragungssignal  $p_o$  an die Rückgewinnungsschaltung 2, die einer Datenverarbeitungsschaltung 42 vorgeschaltet ist.

Die Rückgewinnungsschaltung 2 weist einen 1 : 2-Dekoder 8 auf, der das Übertragungssignal  $p_o$  empfängt. Abhängig vom Zustand des Übertragungssignals  $p_o$  erzeugt der 1 : 2-Dekoder 8 für einen von zwei in der Rückgewinnungsschaltung 2 vorhandenen Zählern 9 und 10 ein Freigabesignal. Die Zähler 9 und 10 zählen jeweils das an ihrem Takteingang anliegende Sensortaktsignal  $f_0$ , wenn sie freigegeben sind. Auf diese Weise zählt abhängig vom Übertragungssignal  $p_o$  entweder der Zähler 9 oder der Zähler 10. Abhängig von einem Empfänger-Abtastintervall, das durch ein Auslesetaktsignal  $s_2$  angezeigt wird, werden die Zählerstände der Zähler 9 und 10 jeweils in Register 11 und 12 übertragen und auf 0 zurückgesetzt.

Das Auslesetaktsignal  $s_2$  muß nicht zum Sensortaktsignal  $f_0$  oder zum Sensor-Abtastintervall-Signal  $s_1$ , das  $2^n$  Perioden des Sensortaktsignals anzeigt, synchronisiert sein. Es kann dazu phasenverschoben sein und/oder eine andere Frequenz aufweisen.

Die Rückgewinnungsschaltung 2 verwendet also verschiedene Zähler 9 und 10, um die Einsen und Nullen des Übertragungssignals  $p_o$ , also des umverteilten Sensorausgangssignals  $p_i$ , separat zu messen, wodurch während eines Empfänger-Abtastintervalls zwei Zählerwerte  $c^+$  und  $c^-$  erhalten werden. Diese werden während des folgenden Empfänger-Abtastintervalls in jeweils einem Register 11, 12 zwischengespeichert. Ein Wert  $c$ , der die vom Sensor gese-

hene physikalische Bewegung darstellt, ist durch die Gleichung  $c = c^+ - c^-$  gegeben.

Die Fig. 3a zeigt eine Signalwandlungsschaltung nach der Erfindung, also die Pulsumverteilungsschaltung 1 und die Rückgewinnungsschaltung 2 mit den an ihnen anliegenden und von ihnen abgegebenen Signalen. Diese Signale sind bis auf das Sensortaktsignal  $f_0$  beispielhaft in den Fig. 3b bis 3f dargestellt. Die Fig. 3b zeigt das Signal  $s_1$ , das pro Periode  $2^n$  Perioden des Sensortaktsignals  $f_0$  umfaßt. Die Fig. 3c zeigt das pulswertenmodulierte Sensorausgangssignal  $p_i$ . Die Fig. 3d zeigt das durch die Pulsumverteilungsschaltung 1 gewandelte Sensorausgangssignal  $p_o$ . Dieses Übertragungssignal  $p_o$  ist nicht mehr abhängig vom Sensor-Abtastintervall. Demzufolge kann das durch das in der Fig. 3e gezeigte Signal  $s_2$  definierte Empfänger-Abtastintervall eine beliebige Länge und eine beliebige Phasenlage in bezug auf das durch das in der Fig. 3b gezeigte Signal  $s_1$  definierte Sensor-Abtastintervall haben. In der Fig. 3f ist schließlich das Signal  $c$  gezeigt, das den während jedes Empfänger-Abtastintervalls erzeugten digitalen Zählerwert darstellt.

Auch die Ausgangssignale von Sensoren, die mehrere Arbeitsbereiche aufweisen, können nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gewandelt und rückgewonnen werden. Zur eindeutigen Zuordnung bei der Rückgewinnung ist die Übertragung eines vom Sensor abgegebenen Arbeitsbereichkennungssignals  $r_i$  nötig.

Eine Signalwandlungsschaltung mit Pulsumverteilungs- und Rückgewinnungsschaltung für Sensoren, die in zwei Bereichen arbeiten, ist in der Fig. 4 gezeigt. Die Pulsumverteilungsschaltung 1 ist gemäß der Fig. 1 aufgebaut und empfängt demzufolge das Sensortaktsignal  $f_0$ , das pulswertenmodulierte Sensorausgangssignal  $p_i$  und das Sensor-Abtastintervall-Signal  $s_1$ . Ein vom Sensor erzeugtes Arbeitsbereichkennungssignal  $r_i$  wird durch eine Verzögerungsschaltung 13, die ebenfalls das Signal  $s_1$  empfängt, in ein verzögertes Arbeitsbereichkennungssignal  $r_o$  gewandelt. Das Übertragungssignal  $p_o$  und das verzögerte Arbeitsbereichkennungssignal  $r_o$  werden an einen 2 : 4-Dekoder 14 angelegt. Das Arbeitsbereichkennungssignal  $r_i$  ist jeweils so verzögert, daß das verzögerte Arbeitsbereichkennungssignal  $r_o$  zu dem gerade durch die Pulsumverteilungsschaltung 1 erzeugten Übertragungssignal  $p_o$  korrespondiert.

Der 2 : 4-Dekoder 14 erzeugt aufgrund der vier möglichen Signalkombinationen der an ihm anliegenden Eingangssignale  $p_o$  und  $r_o$ , die jeweils die zwei Zustände "0" und "1" annehmen können, vier Ausgangssignale, die jeweils die zwei Zustände "0" und "1" annehmen können und von denen je nach Zustand der Eingangssignale ein bestimmtes einen bestimmten Zustand aufweist, während die anderen den jeweils anderen Zustand aufweisen. Die Ausgangssignale werden als Freigabesignale an Zähler 15 bis 18 angelegt, an deren Takteingang jeweils das Sensortaktsignal  $f_0$  anliegt. Auf diese Weise zählt je nach Zustand des Übertragungssignals  $p_o$  und des verzögerten Arbeitsbereichkennungssignals  $r_o$  jeweils einer der Zähler 15 bis 18 im Takt des Sensortaktsignals  $f_0$ .

Ebenso wie in der Schaltung nach Fig. 2, werden die Zählerstände am Ende jedes Empfänger-Abtastintervalls, das durch das Signal  $s_2$  angezeigt wird, an Register 19 bis 22 übertragen, wonach die Zähler 15 bis 18 zurückgesetzt werden. Den Registern ist jetzt der Zustand des Übertragungssignals  $p_o$  für jeden Arbeitsbereich des Sensors zu entnehmen. In dem gewählten Beispiel ergäbe sich ein Zählerwert 1 für einen niedrigen Arbeitsbereich des Sensors aus der Differenz der in dem Register 19 und dem Register 20 gespeicherten Werte  $l^+$  sind  $l^-$ , hier also zu  $l = l^+ - l^-$ . Ein die physikalische Bewegung des Sensors in dessen hohen Arbeits-

bereich darstellender Wert  $h$  ist entsprechend durch die Differenz der in den Registern 21 und 22 gespeicherten Zählerwerte  $h^+$  und  $h^-$  gegeben, hier also zu  $h = h^+ - h^-$ .

Die erfindungsgemäße Übertragung der Sensorausgangssignale hat weiter den Vorteil, daß empfangenseitig eine Fehlererkennung durchgeführt werden kann. Ein Blockdiagramm einer Fehlererkennungsschaltung, die zu der in der Fig. 4 gezeigten Rückgewinnungsschaltung paßt, ist in der Fig. 5 dargestellt. Hier dienen die vier unterschiedlichen Registerwerte  $l^+$ ,  $l^-$ ,  $h^+$  und  $h^-$  als Eingangssignale. Bei der erfindungsgemäßen Rückgewinnung muß die Summe aller sich auf einen Sensor beziehenden Zählerwerte gleich zu der Anzahl von  $f_0$  Taktpulsen pro  $s_2$  Abtastintervall sein, und ist somit konstant für unveränderte Längen des Empfänger-Abtastintervalls. "Hänge"-Fehler führen zu unerwarteten Summen der Zählerwerte und können dadurch einfach erkannt werden, da ein Hängefehler zur Folge hat, daß die Eingänge  $p_i$  und  $r_i$  konstante Werte liefern. Damit sind auch  $p_o$  und  $r_o$  (nach der Pulsumverteilung) konstant, so daß der nachgeschaltete Dekoder ständig genau einen der Zähler 15 bis 18 freigibt. Hierdurch wird bewirkt, daß genau drei der vier Zähler 15 bis 18 und damit auch die entsprechenden drei der vier Register 19 bis 22 stets den Wert Null liefern. Dies ist ein Hinweis auf das Vorliegen eines Hängefehlers, da dieser Zustand im regulären Betrieb sehr unwahrscheinlich ist. Nach dem Stand der Technik ist die Identifikation dieses Zustands in der notwendigen Schärfe (Aliasing-Abtastfehler) nicht möglich.

In der in der Fig. 5 gezeigten Schaltung liegt diese Summe aller Zählerwerte am Ausgang "Intervall" an. Die Zählerwerte  $l^+$  und  $l^-$  des niedrigen Arbeitsbereichs werden von einem Addierer 27 addiert und die Zählerwerte  $h^+$  und  $h^-$  des hohen Arbeitsbereichs werden von einem Addierer 34 addiert. Die jeweiligen Additionsergebnisse der Addierer 27 und 34 werden auf einen Addierer 29 geführt, der somit die Summe aller Zählerwerte bildet.

Weiter wird nach der erfindungsgemäßen Anordnung die Dauer des Sensorbetriebs mit "hoher" Rate oder "niedriger" Rate nach jedem Empfänger-Abtastintervall  $s_2$  aus den unterschiedlichen Zählerwerten bestimmt. Dadurch erzeugen alle Abtastintervalle gültige Wandlungsergebnisse, und eine genaue bereichsabhängige Nullpunktsfehlerkompensation kann erreicht werden.

In der Fig. 5 liegt der korrekte die Bewegung des Sensors repräsentierende Ausgangswert am Ausgang "Rate" an. Dieser wird erzeugt, indem die mit einem jeweiligen Skalierungsfaktor multiplizierten Differenzen der Zählerwerte eines jeweiligen Arbeitsbereichs zu den mit einem Nullpunktsfehlerkorrekturwert multiplizierten Summen der Zählerwerte addiert werden, und diese Additionsergebnisse aller Arbeitsbereiche wiederum summiert werden.

In der Schaltung gemäß Fig. 5 wird der Zählerwert  $l^-$  von einem Addierer 23 von dem ihm zugeordneten Zählerwert  $l^+$  subtrahiert. Die so gebildete Differenz wird von einem Multiplizierer 24 mit einem für den niedrigen Bereich vorhandenen Skalierungsfaktor multipliziert. Das Ergebnis dieser Multiplikation wird einem Addierer 25 zugeführt, der es zu der durch den Addierer 27 gebildeten und von dem Multiplizierer 26 mit einem Nullpunktsfehlerkorrekturwert für den niedrigen Bereich multiplizierten Summe der Zählerwerte  $l^+$  und  $l^-$  addiert. Weiter wird der Zählerwert  $h^-$  von einem Addierer 30 von dem ihm zugeordneten Zählerwert  $h^+$  subtrahiert. Die so gebildete Differenz wird von einem Multiplizierer 31 mit einem für den hohen Bereich vorhandenen Skalierungsfaktor multipliziert. Das Ergebnis dieser Multiplikation wird einem Addierer 32 zugeführt, der es zu der durch den Addierer 34 gebildeten und von dem Multiplizierer 33 mit einem Nullpunktsfehlerkorrekturwert für den ho-

hen Bereich multiplizierten Summe der Zählerwerte  $h^+$  und  $h^-$  addiert. Die von einem Addierer 28 gebildete Summe der Ergebnisse der Addierer 25 und 32 ist der korrekte die Bewegung des Sensors kennzeichnende Ausgangswert am Ausgang "Rate".

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Wandeln eines pulswellenmodulierten Ausgangssignals ( $p_i$ ) eines Sensors derart, daß es an Datenverarbeitungseinrichtungen, die Sensorsignale eines Sensors oder mehrerer Sensoren empfangen, übertragen und von diesen verarbeitet werden kann, wobei ein Sensor jeweils neben dem pulswellenmodulierten Ausgangssignal ( $p_i$ ) noch seine Taktfrequenz ( $f_0$ ) und sein Arbeitsbereichkennungssignal ( $r_i$ ) abgibt, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte für jedes Sensor-Abtastintervall:
  - a) Zählen der Taktzyklen des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) in einem Sensor-Abtastintervall, das  $2^n$  Perioden des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) umfaßt, während der das pulswellenmodulierte Sensorausgangssignal ( $p_i$ ) einen ersten Pegel hat;
  - b)  $n$ -fache Modulo- $2^n$ -Addition der gezählten Taktzyklen im Takt des Sensortaktsignals ( $f_0$ ), wobei ein Übertragungssignal ( $p_o$ ) so beeinflusst wird, daß es immer dann für einen Taktzyklus des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) von einem zweiten Pegel auf einen ersten Pegel umschaltet, wenn durch die Modulo- $2^n$ -Addition ein Übertrag erzeugt wird oder das Bit  $n + 1$  der Anzahl der im Schritt a) gezählten Taktzyklen einen ersten Pegel hat;
  - c) Zählen der Taktzyklen des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) in einem Empfänger-Abtastintervall, während der das Übertragungssignal ( $p_o$ ) einen zweiten Pegel hat, für alle möglichen Arbeitsbereiche des Sensors;
  - d) Zählen der Taktzyklen des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) in einem Empfänger-Abtastintervall, während der das Übertragungssignal ( $p_o$ ) einen ersten Pegel hat, für alle möglichen Arbeitsbereiche des Sensors; und
  - e) Übertragen der jeweiligen Anzahl der im Schritt c) gezählten Sensortaktzyklen, während der das Übertragungssignal ( $p_o$ ) einen zweiten Pegel hat, und der jeweiligen Anzahl der im Schritt d) gezählten Sensortaktzyklen, während der das Übertragungssignal ( $p_o$ ) einen ersten Pegel hat, an die jeweilige/n Datenverarbeitungseinrichtung/en.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine jeweilige Datenverarbeitungseinrichtung für jeden Sensor folgende Verarbeitungsschritte ausführt:
  - a) Bilden der Differenz der beiden für jeden Arbeitsbereich gezählten Zahlen;
  - b) Bilden der Summe der beiden für jeden Arbeitsbereich gezählten Zahlen;
  - c) Bilden des Produktes der im Schritt a) erhaltenen Differenz und eines jeweiligen Skalierungsfaktors;
  - d) Bilden des Produktes der im Schritt b) erhaltenen Summe und eines jeweiligen Nullpunktsfehlerkorrekturwerts; und
  - e) Bilden der Summe der in den Schritten c) und d) erzeugten Produkte; und bei mehr als einem Arbeitsbereich noch mit den Schritten:
  - e) Bilden der Summe der im Schritt d) erzeugten

Summen aller Arbeitsbereiche; und

- f) Bilden der Summe der im Schritt b) erzeugten Summen aller Arbeitsbereiche, wobei im Fall eines Arbeitsbereichs die im Schritt b) erzeugte Summe und im Fall mehrerer Arbeitsbereiche die im Schritt f) erzeugte Summe die Summe aller Sensortaktzyklen in einem Empfänger-Abtastintervall ist und im Fall eines Arbeitsbereichs die im Schritt d) erzeugte Summe und im Fall mehrerer Arbeitsbereiche die im Schritt e) erzeugte Summe der die Bewegung des Sensors repräsentierende Ausgangswert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Pegel ein hoher Pegel und der zweite Pegel ein niedriger Pegel ist, oder daß der erste Pegel ein niedriger Pegel und der zweite Pegel ein hoher Pegel ist.
4. Einrichtung zur Wandlung eines pulswellenmodulierten Ausgangssignals ( $p_i$ ) eines Sensors in eine solche Form, daß es an Datenverarbeitungseinrichtungen, die die Sensorsignale eines Sensors oder mehrerer Sensoren empfangen, übertragen und von diesen verarbeitet werden kann, wobei ein Sensor jeweils neben dem pulswellenmodulierten Ausgangssignal ( $p_i$ ) noch seine Taktfrequenz ( $f_0$ ) und sein Arbeitsbereichkennungssignal ( $r_i$ ) abgibt, gekennzeichnet durch:
  - eine Pulsumverteilungsschaltung (1), die ein pulswellenmoduliertes Ausgangssignal eines Sensors unter Zuhilfenahme dessen Sensortaktsignals ( $f_0$ ) in ein digitales Übertragungssignal ( $p_o$ ) wandelt, das gleichmäßig über ein Sensor-Abtastintervall  $s_1$ , das  $2^n$  Perioden des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) umfaßt, verteilte erste Pegel aufweist, die jeweils die Dauer eines Taktzyklus des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) aufweisen, und
  - eine Rückgewinnungsschaltung (2), die aus dem digitalen Übertragungssignal ( $p_o$ ) unter Zuhilfenahme des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) und eines verzögerten Arbeitsbereichkennungssignals ( $r_o$ ) jeweils die Anzahl von Taktzyklen des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) während eines Empfänger-Abtastintervalls ausgibt, während der das pulswellenmodulierte Ausgangssignal ( $p_i$ ) des Sensors in dem jeweiligen Arbeitsbereich einen ersten Pegel und einen zweiten Pegel aufweist.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsumverteilungsschaltung (1) folgende Baugruppen enthält:
  - einen Zähler (3), an dessen Takteingang das Sensortaktsignal ( $f_0$ ), an dessen Rücksetzeingang ein Signal  $s_1$ , das aus dem durch  $2^n$  geteilten Sensortaktsignal ( $f_0$ ) erzeugt wurde, und an dessen Freigabeeingang das pulswellenmodulierte Ausgangssignal ( $p_i$ ) des Sensors anliegt,
  - ein erstes Register (4), an dessen Signaleingang das  $n + 1$  Bit breite Ausgangssignal des Zählers (3) und an dessen Takteingang das Signal  $s_1$  anliegt,
  - einen Modulo  $2^n$ -Addierer (5, 6), der ein die  $n$  unteren Bit des  $n + 1$  Bit breiten im ersten Register (4) gespeicherten Signals repräsentierendes Ausgangssignal des ersten Registers, das Signal  $s_1$  und das Sensortaktsignal ( $f_0$ ) empfängt, bei jeder Taktperiode des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) eine Modulo- $2^n$ -Addition des  $n$  Bit breiten Ausgangssignals des ersten Registers (4) vornimmt, und ein Übertragungssignal ausgibt, und
  - ein Oder-Gatter (7), an dessen ersten Signaleingang ein das höchste Bit des  $n + 1$  Bit breiten ersten Registers (4) repräsentierendes Signal und an dessen zweiten Signaleingang das Übertragungssignal des Modulo- $2^n$ -Addierers (5, 6) anliegt, und das das digitale Übertragungssi-

gnal ( $p_o$ ) ausgibt.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Modulo-2<sup>n</sup>-Addierer (5, 6) folgende Baugruppen enthält:

einen Addierer (6) mit zwei Signaleingängen, an dessen 5  
ersten Signaleingang das n Bit breite Ausgangssignal des ersten Registers (4) anliegt und der ein die Summe der an seinen zwei Signaleingängen anliegenden Signale repräsentierendes n Bit breites Ausgangssignal und als Ausgangssignal des Modulo 2<sup>n</sup>-Addierers ein Übertragungssignal ausgibt, und 10  
ein zweites Register (5), an dessen Signaleingang das n Bit breite Ausgangssignal des Addierers (6), an dessen Takteingang das Sensortaktsignal ( $f_0$ ) und an dessen Rücksetzeingang das Signal  $s_1$  anliegt, und dessen n. 15  
Bit breites Ausgangssignal an dem zweiten Signaleingang des Addierers (6) anliegt.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückgewinnungsschaltung (2) folgende Baugruppen enthält: 20

einen Dekodierer (8), der aus dem digitalen Übertragungssignal ( $p_o$ ) und dem verzögerten Arbeitsbereichkennungssignal ( $r_o$ ), die jeweils an einem seiner Eingänge anliegen, Freigabesignale erzeugt, die für einen 25  
jeweiligen Arbeitsbereich des Sensors jeweils den Zuständen des Übertragungssignals ( $p_o$ ) entsprechen, jeweils zwei Zählern (9, 10; 15, 16, 17, 18) pro Arbeitsbereich, an deren Takteingang das Sensortaktsignal ( $f_0$ ), an deren Freigabeeingang jeweils ein vom Dekodierer (8) erzeugtes Freigabesignal und an deren Rück- 30  
setzeingang ein Auslesetaktsignal  $s_2$  anliegen, pro Zähler (9, 10; 15, 16, 17, 18) jeweils ein Register (11, 12; 19, 20, 21, 22), an dessen Takteingang das Auslesetaktsignal  $s_2$  und an dessen Signaleingang ein 35  
Ausgangssignal eines jeweiligen Zählers anliegt.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, gekennzeichnet durch eine Datenverarbeitungseinrichtung, an die die jeweilige Anzahl von Taktzyklen des Sensortaktsignals ( $f_0$ ) während eines Empfänger-Ab- 40  
tastintervalls von der Rückgewinnungsschaltung (2) angelegt wird, während der das pulswidenmodulierte Ausgangssignal ( $p_i$ ) des Sensors in dem jeweiligen Arbeitsbereich einen ersten Pegel und einen zweiten Pegel aufweist, für jeden Sensor mit:

einem jeweiligen ersten Addierer (23, 30) für jeden Arbeitsbereich, der die Differenz der beiden für jeden Arbeitsbereich gezählten Zahlen bildet; 45

einem jeweiligen zweiten Addierer (27, 34) für jeden Arbeitsbereich, der die Summe der beiden für jeden Arbeitsbereich gezählten Zahlen bildet; 50

einem jeweiligen ersten Multiplizierer (24, 31) für jeden Arbeitsbereich, der die vom jeweiligen ersten Addierer (23, 30) gebildete Differenz mit einem jeweiligen Skalierungsfaktor multipliziert;

einem jeweiligen zweiten Multiplizierer (26, 33) für jeden Arbeitsbereich, der die vom jeweiligen zweiten Addierer (27, 34) gebildete Summe mit einem jeweiligen Nullpunktsfehlerkorrekturwert multipliziert; und 55  
einem jeweiligen dritten Addierer (25, 32) für jeden Arbeitsbereich, der die von dem jeweiligen ersten Multiplizierer (24, 31) und dem jeweiligen zweiten Multiplizierer (26, 33) erzeugten Produkte addiert; und bei 60  
mehr als einem Arbeitsbereich noch mit:

einem vierten Addierer (28), der die von den jeweiligen dritten Addierern (25, 32) gebildeten Summen addiert; 65  
und

einem fünften Addierer (29), der die von den jeweiligen zweiten Addierern (27, 34) erzeugten Summen ad-

diert.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Pegel ein hoher Pegel und der zweite Pegel ein niedriger Pegel ist, oder daß der erste Pegel ein niedriger Pegel und der zweite Pegel ein hoher Pegel ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---



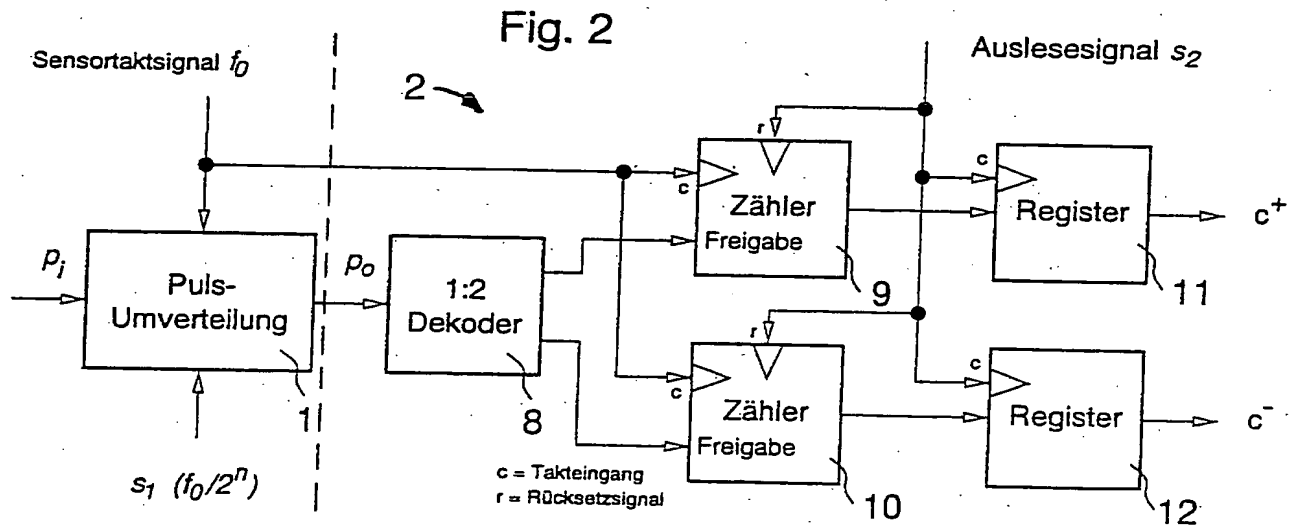
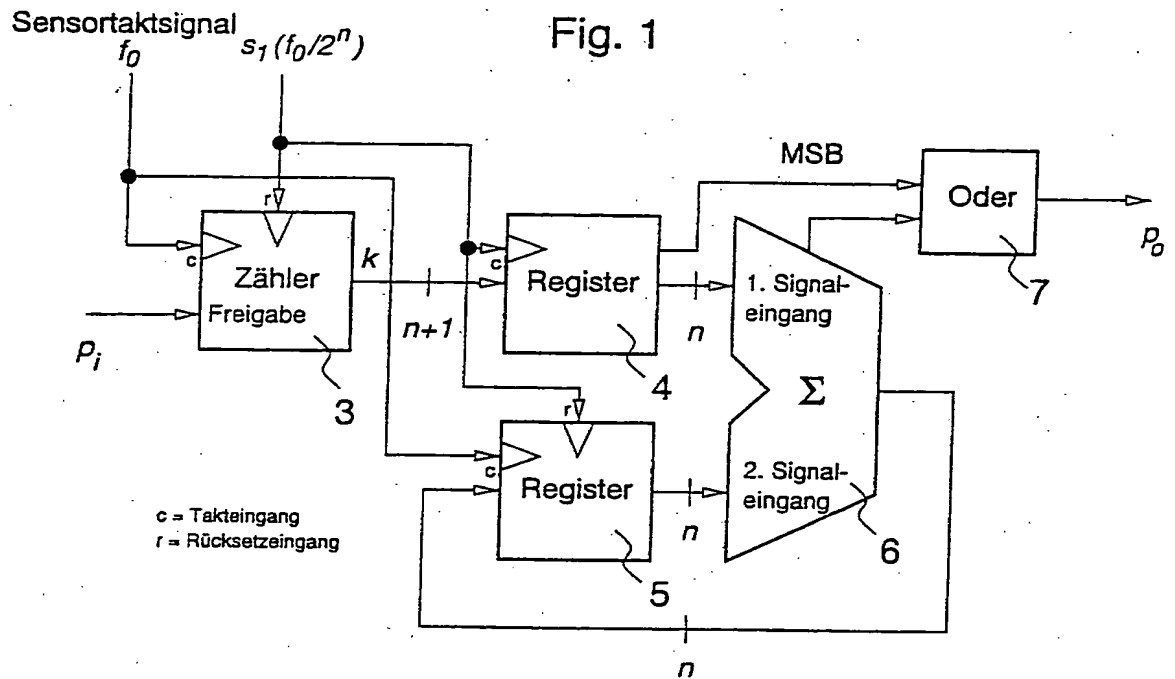
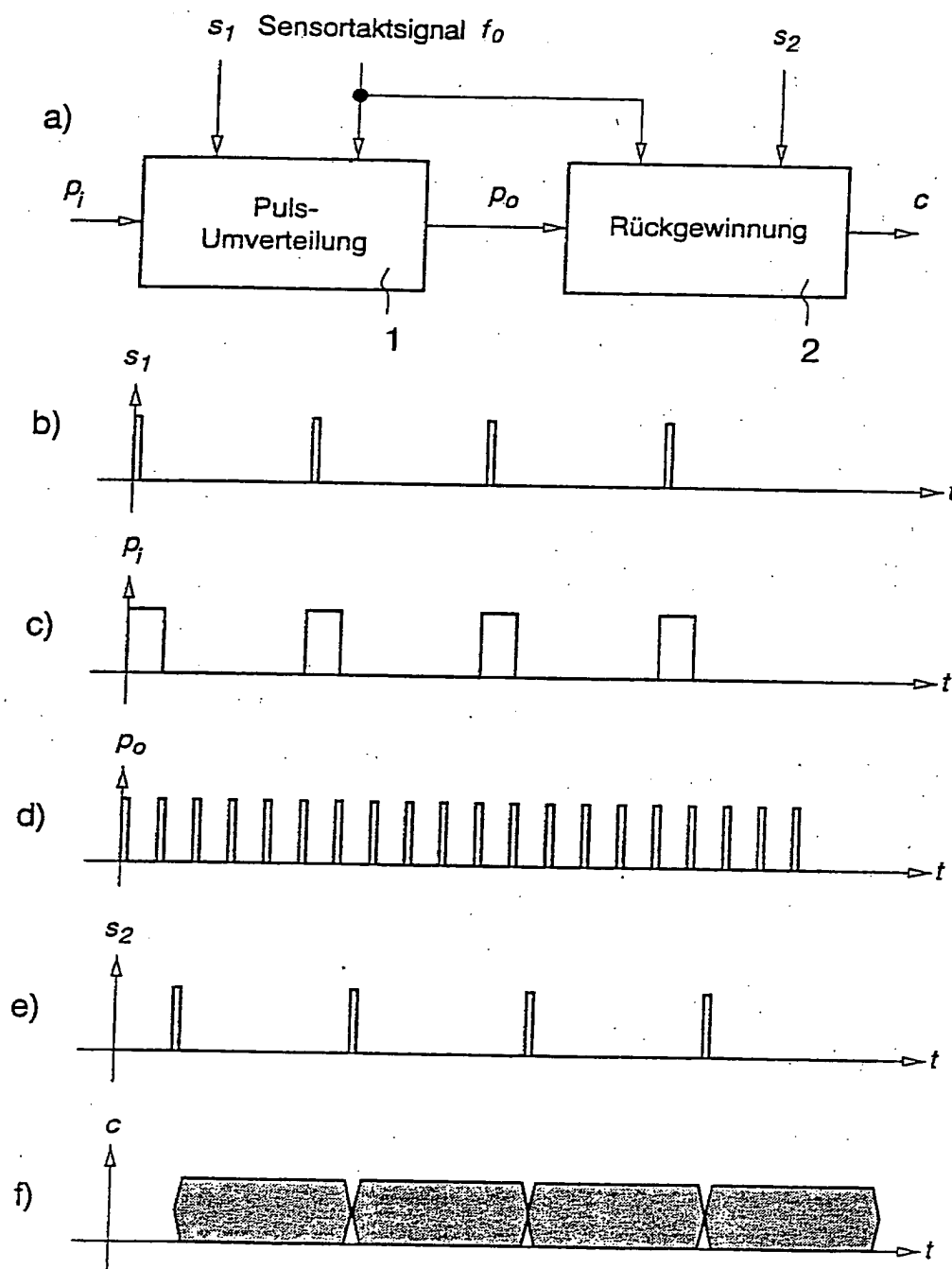


Fig. 3



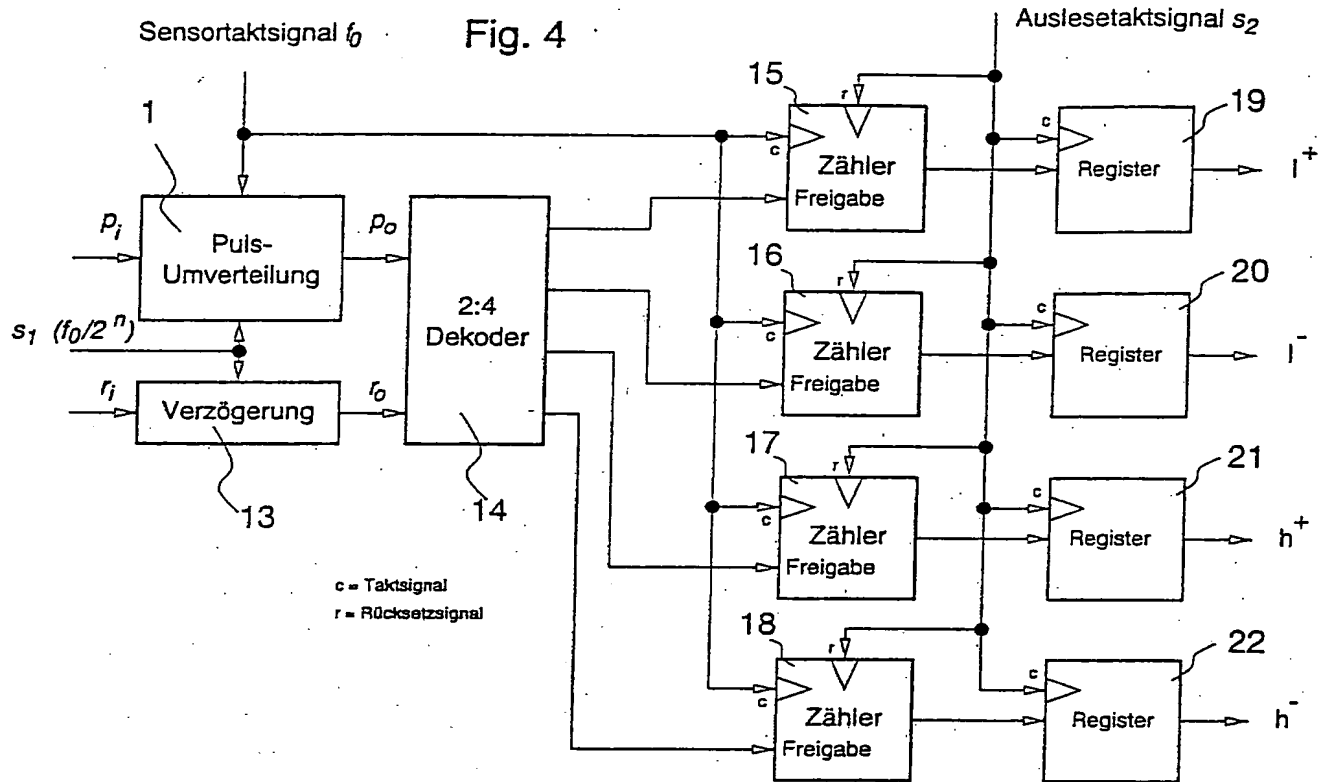


Fig. 5

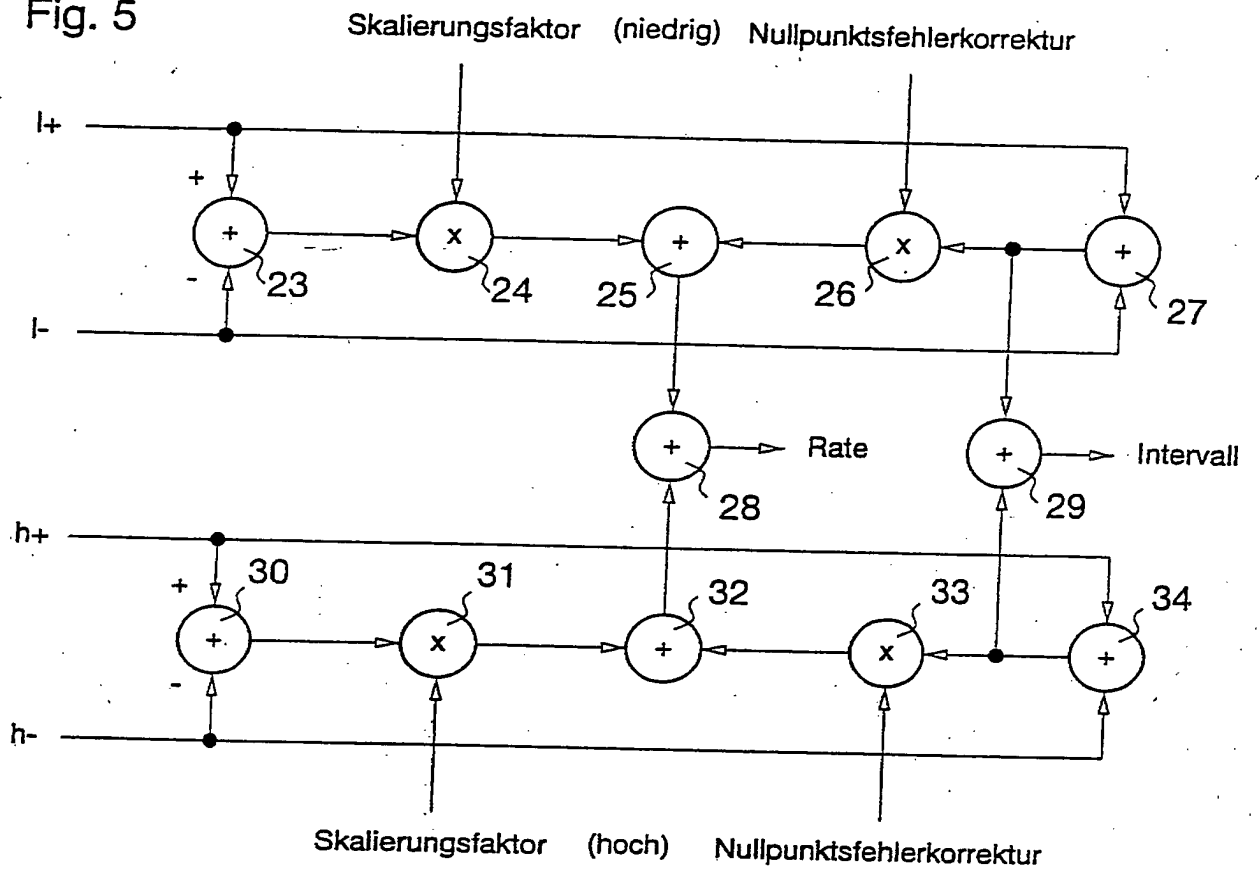


Fig. 6

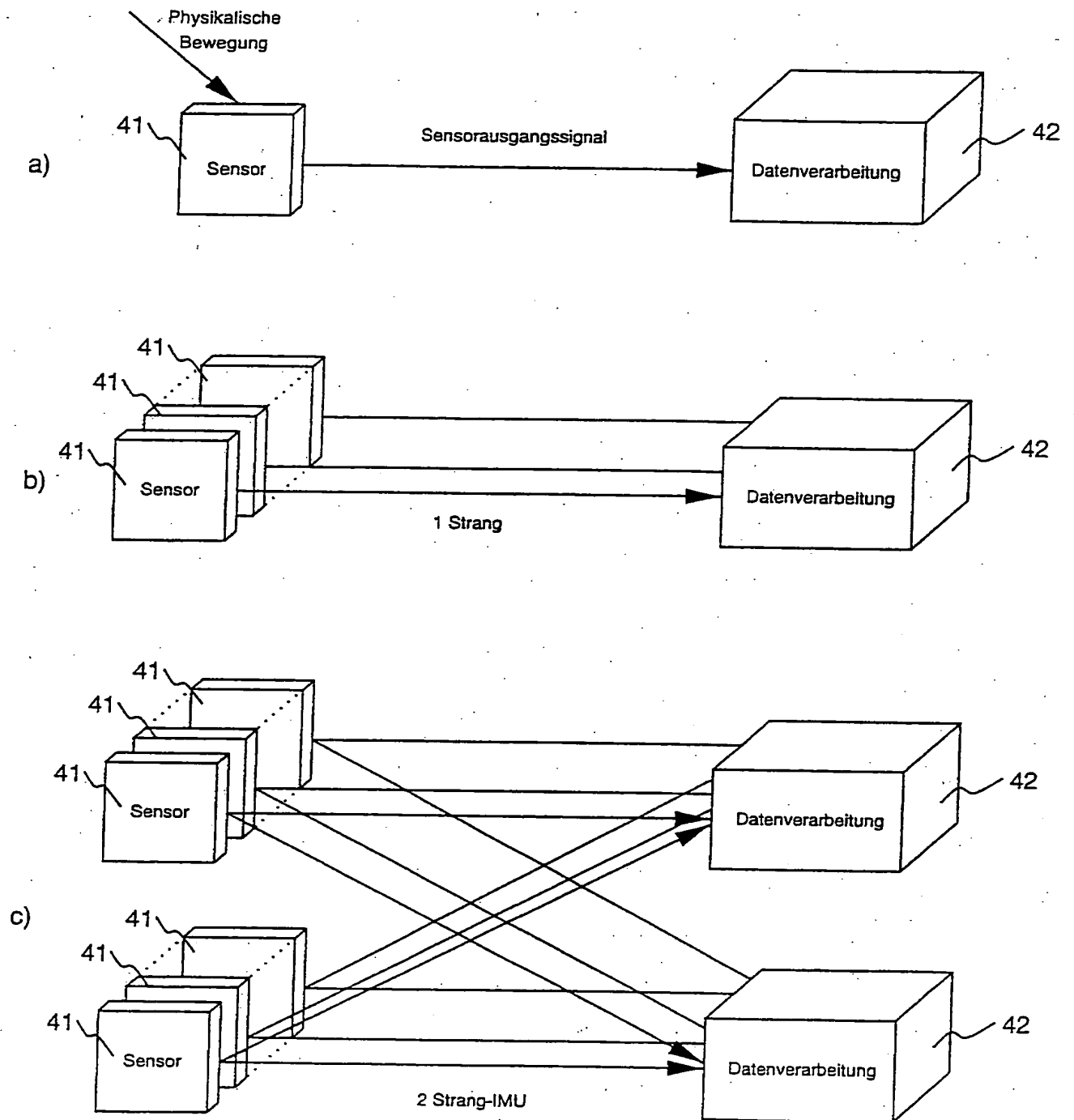
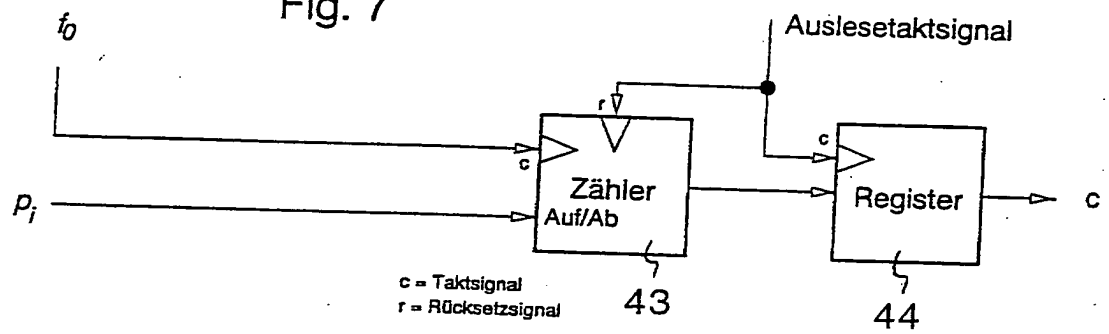


Fig. 7



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H02M3/155 H03K7/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02M H03K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X D1	EP 0 522 659 A (PHILIPS PATENTVERWALTUNG ; PHILIPS NV (NL)) 13. Januar 1993 (1993-01-13) Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 10 - Zeile 56 Abbildung 1	1-14
A D2	WO 98/44622 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV ; PHILIPS NORDEN AB (SE)) 8. Oktober 1998 (1998-10-08) Zusammenfassung Seite 5, Zeile 9 - Zeile 27	1-14

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Juli 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marannino, E.

**THIS PAGE BLANK (US~~10~~)**



Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0522659 A	13-01-1993	DE 4122945 A1	14-01-1993
		DE 59207409 D1	28-11-1996
		EP 0522659 A2	13-01-1993
		JP 5199749 A	06-08-1993
		US 5272614 A	21-12-1993
WO 9844622 A	08-10-1998	WO 9844622 A2	08-10-1998
		DE 69809020 D1	05-12-2002
		DE 69809020 T2	14-08-2003
		EP 0922323 A2	16-06-1999
		JP 2000511758 T	05-09-2000
		KR 2000016042 A	25-03-2000
		US 5886513 A	23-03-1999

**THIS PAGE BLANK (US 10)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USP 10)**